

**Elektroenzephalographische
Untersuchungen des Schlafes
bei depressiven Patienten
und normalen Vergleichspersonen
mit Hilfe der Intervallanalyse**

Lothar Rickels

1965

Aus der Universitäts-Nervenklinik Frankfurt/Main
Direktor: Prof. Dr. med. J. Zutt

ELEKTROENZEPHALOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN DES
SCHLAFES BEI DEPRESSIVEN PATIENTEN UND NORMA -
LEN VERGLEICHSPERSONEN MIT HILFE DER INTER -

VALLANALYSE

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der
Doktorwürde in der gesamten Medizin der
hohen medizinischen Fakultät der Johann-
Wolfgang-Goethe - Universität zu Frank -
furt a. M.

vorgelegt von Lothar Rickels aus Berlin
Frankfurt am Main 1964

Dekan:	Professor Dr. Frick
Referent:	Professor Dr. Kulenkampff
Korreferent:	Professor Dr. Wezler
Mündliche Prüfung:	21. September 1965



I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

I. Einleitung

II. Literatur

Das Wesen des Schlafes
Bisherige Untersuchungen über
den menschlichen Schlaf
Der Schlaf der Depressiven

III. Eigene Untersuchungen

Auswahl der Methode
Methodik
Material
Elektroden
Eichung der Geräte
Räumlichkeit
Ableitungsvorgang
Schlauftiefe
Schlafmenge

IV. Kritik der Methode

V. Ergebnisse

Schlafverlauf
Schlauftiefe
Zeitpunkt der maximalen Schlauftiefe
und Häufigkeit von Schlafgipfeln
Schlafdauer und effektive Schlafzeit
Verhältnis der Schlauftiefe zur
effektiven Schlafzeit
Schlafmenge

VI. Diskussion

VII. Zusammenfassung

Anhang: Tabellen
Schlafkurven



Digitized by the Internet Archive
in 2026

I E I N L E I T U N G

Viele Psychosen werden von Schlafstörungen begleitet. Bei der Depression sind diese sogar das häufigste und oft auch das führende Symptom.

Bisher haben sich aber -- wahrscheinlich infolge methodischer Schwierigkeiten -- nur wenige Autoren mit exakten Schlafbilanz- und -Verlaufsuntersuchungen bei depressiven Patienten befasst, so daß noch viele Fragen zu klären sind, u. a. die Frage, ob das subjektive Gefühl des Nichtausgeschlafenseins der Patienten regelmäßig einer verminderten Schlafdauer oder Schlaftiefe und damit einem verminderten Erholungswert ihres Schlafes entspricht. Letzteres wird zwar vermutet, ist aber noch nicht mit Sicherheit anhand objektiver Untersuchungsmethoden bewiesen worden. Es erschien weiterhin von Interesse, inwieweit der zeitliche Ablauf der Schlafphasen, d.h. der Schlafrhythmus Depressiver von dem gesunder Menschen abweicht.

Auf Anregung von Herrn Prof. Dr. med. J. ZUTT habe ich mir daher zur Aufgabe gestellt, vergleichende Schlafuntersuchungen bei depressiven Patienten und normalen Vergleichspersonen durchzuführen.

II L I T E R A T U R

Das Wesen des Schlafes

Der Schlaf ist ein physiologischer, periodischer, mit einer Änderung der Bewußtseinslage einhergehender, zentralnervöser Vorgang, der jederzeit durch äußere sowie innere Reize unterbrechbar ist und zur Aufrechterhaltung sowie zur Wiederherstellung der normalen geistigen und körperlichen Funktionstüchtigkeit notwendig ist. Über die der Ermüdung zugrunde liegenden und während der Erholung im Schlaf sich abspielenden Vorgänge wissen wir heute noch recht wenig.

MÜLLER (46) vermutet die Bildung von Ermüdungsstoffen während der Tätigkeit und des Wachseins. Nach BÖTTCHER (4) besteht der Schlafmechanismus in einer Blockade für äussere Reize, um so das Gehirn vor einem Funktionsverlust infolge starker Ermüdung zu bewahren. SCHNEIDER (54,55) vergleicht den Schlaf mit der Umschaltung auf ein anderes System, das zur Regeneration der Wachzentren notwendig sei. WINTERSTEIN (60) betrachtet den Schlaf als den natürlichen Zustand des Gehirns, in dem es sich so lange befindet, wie es nicht durch äußere Reize wachgehalten wird. KLEITMAN (30, 31, 32) sieht Schlafen und Wachen als zwei Phasen eines Zyklus an, die fest zueinander gehören.

Im Schlaf kommt es zu einer Veränderung der Bewußtseinslage. Diese Bewußtseinsänderung läßt sich aber nicht mit dem Zustand pathologischer Bewußtlosigkeit gleichsetzen (ZUTT (65), FEUDEL (19)). Nach ZUTT stellt der Schlaf vielmehr eine Modifikation des Bewußtseins dar, wobei das Bewußtsein eine polare Struktur mit Modifikationsmöglichkeiten vom hellsten Wachsein bis zum tiefsten Schlaf aufweist. Eine Schlafstörung sei daher eine Störung des Bewußtseins und müsse auch eine Störung des Wachseins nach sich ziehen. ZUTT spricht in diesem Zusammenhang von einer "Syntonie des Bewußtseins", der Fähigkeit des Menschen, den Einwirkungen der Umwelt mit bestimmten Bewußtseinsmodifikationen entgegenzutreten. Diese Fähigkeit sei dem Schlafgestörten verlorengegangen.

Hinsichtlich der Lokalisation der "Schlafzentren" gehen die Meinungen auseinander. Ausgehend von seinen Beobachtungen bei der Enzephalitis lethargica vermutete v. ECONOMO (16, 17) ein Schlafsteuerungszentrum im Hypothalamus, bestehend aus einem ventral und cranial gelegenen Zentrum für das Wachsein und einem dorsalen, mehr caudal gelegenen Schlafzentrum. JOUVET (28) dagegen fand ein Schlafzentrum in der Brücke. BRAZIER (5, 6) wiederum lokalisierte das Zentrum der Schlafaktivität in die Präzentralregion. MORUZZI (44) verlegte das Schlaf-Wachzentrum in die Formatio reticularis, da die isolierte Zerstörung dieser Region den Zustand tiefen Schlafes herbeiführte, ihre elektrische Reizung aber Erwachen zur Folge hatte. Nach Auffassung von HESS (24, 25, 26) erfolgt die Schlaf-Wach-Steuerung im Zwischenhirn, und zwar durch Vermittlung einer somnogenen Zone im medialen Thalamuskern und einer dynamogenen Zone im ventralen Hypothalamus. Versucht man anatomische, neurophysiologische und klinische Beobachtungen in Einklang zu bringen, so muß man feststellen, daß Schlafen und Wachen nicht an die Funktion einer einzigen umschriebenen Zone im Zentralnervensystem gebunden sind. Vielmehr beruht die Steuerung des Schlaf-Wach-Mechanismus auf dem Zusammenspiel mehrerer zentralnervöser Strukturen.

Bisherige Untersuchungen über den menschlichen Schlaf

1. Methoden

Die ersten Versuche, die Schlaftiefe zu messen, wurden Mitte des vorigen Jahrhunderts von KOHLSCHÜTTER durchgeführt. In der Folgezeit befassten sich noch weitere Autoren mit quantitativen Schlafuntersuchungen. Bei der Verschiedenheit der Untersuchungsmethoden verwundert es nicht, daß die Ergebnisse z.T. stark voneinander abwichen.

Am Anfang aller dieser Versuche stand die Schlaf Tiefenbestimmung mit Hilfe von akustischen Weckreizen. Dabei setzte man die Schlaftiefe der zum Erwecken notwendigen Schallintensität proportional. Denn der Schlaf ist durch eine verminderte Erregbarkeit des Zentralnervensystems gekennzeichnet und je größer die Schlaftiefe, um so größer muß der Weckreiz sein.

KOHLSCHÜTTER (34) ließ in bestimmten Zeitintervallen (jeweils alle 30 Minuten) aus zunehmender Höhe einen Pendelhammer so lang auf eine Schieferplatte fallen, bis sich ein Erwachen der Versuchsperson andeutete. MÖNNINGHOFF und PIESBERGEN (43) führten im Gegensatz zu Kohlschütter bei ihren Selbstversuchen nur noch jeweils zwei Versuche pro Nacht durch, um den Schlafablauf nicht durch wiederholten Meßvorgang zu verändern. Die Autoren berechneten aus den Ergebnissen mehrerer Nächte eine durchschnittliche Schlaftiefenkurve. Als Anzeichen des Erwachens mußten die Versuchspersonen bestimmte Fragen beantworten. MICHELSON (42) beschränkte sich aus den gleichen Erwägungen wie Mönninghoff u. Piesbergen auf einen einzigen Versuch pro Nacht und ließ seine Versuchspersonen nach dem Erwachen einen Klingelknopf betätigen. Die gleiche Methode wie Mönninghoff u. Piesbergen wandte HAAS (22) an, doch bestimmte er die Weckschwellen für jede halbe Stunde. Schallweckreize wurden ferner von BLAKE und GERARD (2) angewandt. In einer Nacht wurden drei bis vier Stimuli gegeben, und zwar so lange, bis die Versuchspersonen auf Fragen antworteten. Die Schlaftiefe wurde gemessen an der Zeitspanne zwischen Stimulus und Antwort. Als Stimulus diente ein konstanter Ton. Akustische Weckreize wurden auch von MULLIN (45) angewandt. Als einziger Autor arbeitete ENDRES (18) mit Schmerzreizen (Stachelborsten). Als Reizfläche diente die Stirn. CZERNY (11) benutzte elektrische Reize definierter Stromstärke.

Andere Autoren gingen von der Voraussetzung aus, daß es mit zunehmender Schlaftiefe zu einer Verminderung der Körperbewegungen komme. Bei Schlafuntersuchungen von depressiven Patienten befestigte SCHIELE (53) einen Motilographen am Bett. Er konnte mit dieser Versuchsanordnung bis zu sechs Bewegungen pro Minute registrieren. GERBER (21) bediente sich einer Versuchsanordnung, bei der das Bett durch eine elastische Unterlage Gewichtsverlagerungen aufnahm und diese über ein Hebelwerk auf eine Registriertrommel übertrug. Bei ruhiger Lage entstand auf der Trommel eine gerade Linie, bei Bewegung ein Ausschlag. WÖHLISCH (62) benutzte eine dreiteilige Spezialluftmatratze mit dreifacher, pneumatischer Schreibung auf einem Kymographen. MARBACH (41) befestigte ein Hebelwerk an

der Stahlfedermatratze des Bettes. Weitere aktographische Schlaftiefenmessungen wurden von LAIRD (35), ZICKGRAF (64) und PROBST (49) durchgeführt.

RICHTER (52), LANDIS (36), REGELSBERGER (50) und WÖHLISCH (62) führten elektrodermatographische Untersuchungen des Schlafes durch.

Automatische Registrierungen des alveolären CO_2 -Gehaltes während des Schlafes sind von BASS (1) bekannt, die davon ausgingen, daß der CO_2 -Gehalt um so größer wird, je weniger die Lungen mit Sauerstoff belüftet werden.

In letzter Zeit bedienten sich die meisten Experimentatoren zur Schlaftiefenbestimmung der Elektroenzephalographie. Die ersten Schlafuntersuchungen mit Hilfe des EEG wurden von LOOMIS (38) durchgeführt, der das EEG kontinuierlich registrierte. Kontinuierliche EEG-Aufzeichnungen während des Schlafes wurden ferner von HENRY (23), von BRAZIER (5), von DEMENT (13), sowie von LESTER (37) durchgeführt, wobei Dement gleichzeitig die Augenbewegungen registrierte. Diskontinuierliche EEG-Registrierungen sind bekannt von KNOTT (33), BROOKS (7), HOFFMANN (27) sowie von BLAKE (2); letzterer wandte gleichzeitig akustische Weckreize an. Über EEG-Schlafuntersuchungen bei Depressiven wurde von DAVIS (12), DIAZ-GUERRERO (14) und LYKETSOS (40) berichtet. Sämtliche erwähnten Autoren hielten sich bei der EEG-Auswertung an die Schlafstadieneinteilung von LOOMIS. DROHOCKY (15) dagegen markierte unterhalb der fortlaufend geschriebenen EEG-Kurve mit Hilfe eines elektronischen Integrators die Zeitabschnitte mit gleichem Flächenintegral der einhüllenden EEG-Kurve und übertrug die Integralwerte wie auch die Zeitabschnitte in ein Koordinatensystem.

2. Ergebnisse

Bei der Bewertung der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, daß durch die meisten der Versuchsanordnungen der Schlaf gestört bzw. unterbrochen und damit der natürliche Schlafrhythmus verändert wird. Außerdem hat sich gezeigt, daß die Aktographie,

die Elektrodermatographie, die Bestimmung der CO_2 -Spannung sowie eine Reihe weiterer vegetativer Funktionen nicht in jedem Fall einen brauchbaren Maßstab für die Schlaftiefe darstellen. Kurzfristige Schwankungen im Schlafverlauf werden meist nicht zeitgerecht erfaßt. Als zuverlässigster Indikator für die Schlaftiefe gilt daher heute das EEG.

Hinsichtlich des physiologischen Schlafablaufes haben sich die Vorstellungen in den letzten hundert Jahren gewandelt. Die durchschnittliche Schlafkurve KOHLSCHÜTTERS zeigte eine maximale Schlaftiefe in der ersten Stunde nach Schlafbeginn. In der zweiten Stunde kam es zu einer raschen und in den nächsten Stunden zu einer weiteren langsamen Verflachung des Schlafes. Der Autor fand nur in der Periode der zunehmenden langsamen Verflachung Unregelmäßigkeiten. Die von PIESBERGEN 20 Jahre später gewonnene Durchschnittsschlafkurve glich im Prinzip der Schlafkurve Kohlschütters, doch wurde das Schlaf-tiefenmaximum erst gegen Ende der zweiten Stunde erreicht. Außerdem fand sich im Gegensatz zur Kurve Kohlschütters eine nochmalige Schlafvertiefung in der fünften Stunde. Dagegen zeigte MÖNNINGHOFFS Schlafverlaufskurve drei Stadien tieferen Schlafes, und zwar in der zweiten, vierten und sechsten Stunde. Die maximale Schlaftiefe war aber weit geringer als bei Piesbergen. Die Überlagerungskurve MICHELSONS glich wiederum der Kurve Kohlschütters, jedoch fand Michelson stärkere Schwankungen in dem flachen Schlaf der letzten Stunden, wobei sich eine gewisse Gesetzmäßigkeit erkennen ließ, in dem Sinne, daß der Gipfelpunkt jeder folgenden Schwankung -- d.h. vorübergehenden Schlafvertiefung -- niedriger lag als der der vorhergehenden Schwankung. Während die bisher erwähnten Autoren ausnahmslos eine rasche Verflachung im Anschluß an das anfängliche Schlaf-tiefenmaximum beschrieben, zeigte die Durchschnittskurve von HAAS eine vom Maximum abfallende, einfache, lineare Kurve mit geringen Schwankungen. Einen im Prinzip ähnlichen Kurvenverlauf beschrieb WÖHLISCH. Die Kurve von MULLIN zeigte nach anfänglichem Schlaf-tiefenmaximum in der ersten Stunde eine allmähliche Verflachung bis zum Ende der vierten Stunde. Erst zu diesem Zeitpunkt erfolgte ein Steilabfall mit anschließender Plateaubildung. Mullin stellte außerdem periodische

Schwankungen fest. Solche Schwankungen wurden auch von BLAKE beschrieben. Er fand einen Gipfel der delta-Komponente in der zweiten Stunde. ENDRES fand bei seinen Untersuchungen starke individuelle Unterschiede zwischen den Versuchspersonen. Drei seiner Kurven wiesen zwei kleinere Maxima in der ersten und vierten Stunde auf. Eine weitere Kurve zeigte nach einem Schlaf-tiefenmaximum in der ersten Stunde und nachfolgendem Abfall ein Plateau bis zur sechsten Stunde. CHRISTIAN und MARBACH stellten einen polyphasischen Schlafverlauf fest. Auch DEMENT und KLEITMAN beschrieben regelmäßige Variationen im EEG, die sie als "cycles" bezeichneten. In der Mehrzahl der Fälle wurde die größte Schlaf-tiefe in der ersten Stunde erreicht, und fast die gesamte delta-Aktivität fand sich in den ersten drei Stunden. Einen häufigen Wechsel der Schlafstadien mit mehreren Tiefschlafphasen beschrieb LOOMIS. Dabei erfolgte die Zunahme der Schlaf-tiefe zum Maximum hin schrittweise, das Absinken vom Maximum dagegen meist abrupt. Stärkere Schwankungen im Schlafverlauf sind ferner von LESTER und BROOKS erwähnt worden. Nach BROOKS variierten die Tiefschlafphasen zudem häufig in Dauer und Amplitude. Zwischen der Schlafmenge - ermittelt durch einfache Addition der Schlaf-tiefenwerte - und dem Alter der Versuchspersonen bestand keine Beziehung. Sowohl HENRY als auch KNOTT fanden eine Verminderung der elektro-enzephalographischen Unterschiede während des Schlafes, beruhend auf einer Angleichung unterschiedlicher alpha-Indices.

Nach den aktographischen Untersuchungen von LAIRD zeigt der normale Schlafverlauf eine allmähliche Zunahme der Bewegungen. WÖHLICHs Untersuchungen ergaben eine Übereinstimmung der Phasen motorischer Ruhe mit den elektroenzephalographischen Kennzeichen größerer Schlaf-tiefe. Nach LOOMIS können andererseits auch Bewegungen ohne Veränderungen im Schlafstadium auftreten, und ein Schlafstadienwechsel kann ohne gleichzeitige Bewegungen erfolgen. GERBER beschrieb anhand seiner Kurven eine Koinzidenz von Bewegungsintensität, elektrischem Hautwiderstand und Herzfrequenz. Er folgerte daraus, daß durch Messung der Bewegungen verlässliche Aussagen über Schlaf-tiefe und Schlafverlauf gemacht werden könnten.

Hinsichtlich des elektrischen Hautwiderstandes fanden RICHTER

eine Zunahme mit steigender Schlaftiefe, REGELSBERGER dagegen eine Verringerung. Eine geringgradige Abnahme berichtet auch WÖHLISCH.

Der Schlaf der Depressiven

PLOOG bezeichnet die Schlafstörung als das eindruckvollste Symptom der Depression. Nach JUNG stellt sie das Achsensymptom der Depression dar. WINZENRIED berichtet, daß von 907 phasischen Depressionen 92 % über Schlafstörungen klagten, bei SCHULTE waren es von 500 Depressiven sogar 99,6 %.

Routine- bzw. Wach-EEGs von Depressiven ergeben keine nach den üblichen klinischen Kriterien pathologischen Kurvenformen. Dennoch vertreten manche Autoren die Ansicht, daß sich bei Auswertung einer großen Anzahl von Kurven depressiver Patienten doch gewisse EEG-Eigentümlichkeiten nachweisen lassen. LYKETSOS fand in seinen EEG-Schlafableitungen von Depressiven und normalen Vergleichspersonen bei den Patienten vorwiegend flachamplitudiges, bei den Normalen dagegen ein hochamplitudiges EEG. DAVIS stellte bei Depressiven eine Tendenz zur langsamen Seite der Frequenzskala fest.

Die Einteilung der Schlafstörungen in Einschlaf- und Durchschlafstörungen, in vorzeitiges Erwachen sowie oberflächlichen Schlaf beruhen meist lediglich auf Beobachtungen in den Krankenabteilungen und auf subjektiven Angaben der Patienten. Genaue objektive Untersuchungen des Schlafverlaufs mit Registrierung von Schlaftiefe und Schlafdauer sind bisher nur vereinzelt durchgeführt worden. Die meisten Autoren beschränkten sich auf eine kursorische Schätzung der Schlaftiefe anhand des diskontinuierlich geschriebenen EEG.

Hinsichtlich der Schlafdauer fand DIAZ-GUERRERO bei EEG-Schlafableitungen depressiver Patienten eine große Streuung mit einer mittleren Schlafdauer von 5 h 42 min. Bis zum Einschlafen vergingen bei den Patienten durchschnittlich 41 min, etwa doppelt soviel Zeit wie bei den Normalen. Der Anteil leichten Schlafes war bei den Patienten größer als bei den Normalen (2:1), der Anteil tiefen Schlafes geringer. Die Anzahl der Minuten, in denen zwei oder mehrere EEG-Muster auftraten, war bei den

Patienten doppelt so groß wie bei den Normalen. SCHIELE beschrieb eine bei den Depressiven im Vergleich zu Gesunden verminderte motorische Aktivität während des Schlafes. Außerdem war bei den Patienten die zeitliche Verteilung der Bewegungen gleichmässiger.

III EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Auswahl der Methode

Ziel dieser Untersuchungen war es, mit einer geeigneten Methode die Ergebnisse früherer Autoren zu überprüfen und zu ergänzen. Neben dem zeitlichen Ablauf des Schlafes sollte auch die jeweilige Schlaftiefe quantitativ unter Vermeidung subjektiver Fehler erfaßt werden. Hierzu bot die Registrierung der charakteristischen Veränderungen des elektrischen Hirnstrombildes als modernste Methode der Schlaf tiefenmessung die besten Erfolgsaussichten. Die visuelle Auswertung eines kontinuierlich aufgezeichneten Elektroenzephalogramms nach den Kriterien von LOOMIS schied jedoch wegen des ungeheuren Aufwandes aus. Bei der üblichen Papiergeschwindigkeit von 3cm/sec wären in acht Stunden 864 m angefallen. Zudem lassen sich bei der visuellen Auswertung subjektive Fehler nicht vermeiden. Erfolgversprechend war daher nur ein automatisches Analyseverfahren. Dabei sollten über viele Stunden die für den Schlaf charakteristischen Spannungs- und Frequenzänderungen quantitativ erfaßt werden. Diesen Forderungen schien die Intervallanalyse nach Dr. TÖNNIES zu entsprechen. Die Intervallanalyse teilt das EEG nicht nach seinem Gehalt an sinusförmigen Frequenzen auf, wie es bei der Frequenzanalyse der Fall ist. Sie geht vielmehr davon aus, daß es sich bei den Potentialschwankungen des EEG um aperiodische Vorgänge handelt. Die Intervallanalyse zählt und ordnet die Intervalle zwischen Punkten gleichen Potentialniveaus. Die Intervalle sind der Frequenz umgekehrt proportional. Im Gegensatz zur Frequenzanalyse werden aber die aperiodischen Komponenten gleichberechtigt bewertet. Das gilt auch für Amplitudenschwankungen.

Methodik

Für die Untersuchungen wurde ein zwölf-kanaliges EEG-Gerät der Firma Schwarzer und der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Verfügung gestellte EEG-Intervall-Analysator (EIVA) der Firma Dr. TÖNNIES verwendet. Beide Geräte wurden so gekoppelt, daß wahlweise einer der ersten acht EEG-Kanäle analysiert wurde. Über einen durch eine elektrische Uhr gesteuerten Schalter konnten außerdem die ersten vier Kanäle in regelmäßiger Folge, jeweils für eine bestimmte Zeitdauer, der Analyse unterworfen werden.

Die vom EEG abgezweigten Spannungen des betreffenden Kanals werden im Analysator nochmals verstärkt und gelangen dann auf acht Spurbtaster, d.h. elektrische Schaltmittel, die ein Signal abgeben, wenn die EEG-Kurve eines der durch die Spurlinien wiedergegebenen Potentialniveaus in aufsteigender Richtung schneidet. Wenn die nächste Welle der EEG-Kurve mit ihrem aufsteigenden Ast erneut eine der Abtastspuren schneidet, wird in dem betreffenden Spurbtaster wiederum ein Signal erzeugt. Mit jedem Signal wird in dem Spurbtaster ein Kondensator entladen, der sich sofort wieder auflädt und je nach der Dauer des zwischen zwei Schnittpunkten gelegenen Zeitintervalls eine bestimmte Spannungsgröße erreicht, dann erneut entladen wird und einen Zeitgruppierer der betreffenden Abtastspur auslöst. Entsprechend der von der Intervalllänge abhängigen Spannung im Spurkondensator wird in einem der acht Meßbereiche ein Impuls erzeugt, der einem Summierungskondensator zugeordnet wird. Sobald in diesem durch zahlreiche, auch von den sieben übrigen Spurbtastern kommende und in den gleichen Intervallmeßbereich fallende Impulse eine bestimmte Ladungsgröße erreicht wird, betätigt er durch seine Entladung einen Elektromagneten in einem Druckwerk, wodurch eine zugehörige Zahnstange auf einer Stempelplatte um einen Schritt nach oben bewegt wird. Am Ende jeder Zählperiode erfolgt im Druckwerk ein Stempelabdruck auf einem Papierstreifen. Aus diesem Abdruck gehen die Uhrzeit und die laufende Nummer des Abdruckes hervor, sowie das Ergebnis für jeden Intervallbereich in Prozent der durch die Kapazität des Druckwerks begrenzten Maximalwerte, erkenntlich an der Höhe der nebeneinander liegenden Stempel. Durch entsprechende Einstellung der

der Kondensatoren wird das Übersetzungsverhältnis zwischen Impulsanzahl und Druckwerkkapazität den zu erwartenden Impulshäufigkeiten derart angepaßt, daß bei den seltener vorkommenden langen Intervallen bereits wenige und bei den häufigeren, kurzen Intervallen erst viele Impulse verwertet werden.

Da die von allen acht Abtastspuren ermittelten Intervalle eines bestimmten Bereiches als Impulse in dem betreffenden Zeitgruppierer summiert werden und in ihrer Gesamtheit das für diesen Intervallbereich zuständige Zählwerk betätigen, geht die durchschnittliche Amplitude dieses Intervallbereiches in das Meßergebnis ein, denn Wellen höherer Amplitude schneiden mehr Abtastspuren als solche geringer Amplitude. Das Zählwerk liefert also das mit dem Übersetzungsfaktor der einzelnen Zeitgruppierer multiplizierte Produkt aus der Häufigkeit eines Intervallbereiches und der durchschnittlichen Amplitude. Es ist allerdings nicht erkennbar, ob ein Anstieg des Meßergebnisses auf einem vermehrten Auftreten des betreffenden Intervalls oder auf einem Anstieg der Amplitude oder auf beiden beruht.

Die Einteilung der Intervallbereiche kann verändert werden. Wir wählten folgende Einteilung:

<u>Intervallbereich msec</u>			<u>Frequenzbereich</u>	
1	20 -	50	20 - 50	/sec
2	50 -	77	13 - 20	
3	77 -	100	10 - 13	
4	100 -	143	7 - 10	
5	143 -	200	5 - 7	
6	200 -	333	3 - 5	
7	333 -	500	2 - 3	
8	500 -	1000	1 - 2	

Auf diese Weise wurden die vier Hauptfrequenzbereiche in je zwei Gruppen unterteilt, so daß Intervallbereich 1 und 2 den beta-Wellen, 3 und 4 den alpha-Wellen, 5 und 6 den theta-Wellen und 7 und 8 den delta-Wellen zugeordnet wurden.

Material

Untersucht wurden 15 gesunde Versuchspersonen im Alter von 18 bis 65 Jahren und 20 schlafgestörte, depressive Patienten im Alter von 28 bis 60 Jahren. Bei den normalen Versuchspersonen

sonen handelte es sich um Studenten sowie um Patienten der neurologischen Abteilung, die kurz vor ihrer Entlassung standen. Bei den Patienten überwog das weibliche Geschlecht, was damit zusammenhing, daß mehr weibliche Depressive zur Verfügung standen und sich diese der Untersuchung gegenüber gleichgültiger verhielten als die männlichen Patienten. Die Auswahl der Patienten erwies sich als nicht leicht. Denn einerseits mußten die Medikamente abgesetzt werden, was bei vielen Patienten nicht vertretbar war, und andererseits waren manche Patienten durch die ungewohnte Umgebung des Ableitungsraumes und die bevorstehende Untersuchung verängstigt. In diesen Fällen wurde auf eine Ableitung verzichtet bzw. wurde diese abgebrochen.

Elektroden

Für die Ableitungen wurden Nadelelektroden den Klebeelektroden vorgezogen, da sich die Leitfähigkeit der letzteren im Laufe der Nacht ändern kann und zudem die durch Collodium verursachte Verunreinigung der Haare als lästig empfunden wird. Nadelelektroden sind nicht störend, da sie sich nach tangentialen Einstich gut an die Kopfhaut anlegen. Die elektrische Leitfähigkeit bleibt während der gesamten Ableitung unverändert. Um den Elektroden ausreichenden Halt zu verleihen, wurde ein Trikotschlauch über den Kopf der Versuchsperson gezogen und mit Leukoplast unterhalb der Haargrenze befestigt. So konnten sich die Versuchspersonen jederzeit bewegen und ein Hin- und Hergleiten der Elektroden wurde vermieden.

Eichung der Geräte

Vor jedem Versuch wurden die Geräte geeicht. Am EEG-Gerät wurde eine Amplitude von 10 mm = 50 μ V gewählt. Am Analysator wurde der Amplitudenschalter immer in die gleiche Stellung gebracht. Dabei wurden durch die Eichzacken von 20 μ V sechs Spuren aktiviert und bei Einschaltung des Frequenzgebers mit einer mittleren Frequenz und Aktivierung der gleichen Anzahl von Spuren ein Meßwert von etwa 55 % im Zählwerk erreicht.

Räumlichkeit

Die Ableitungen wurden in einem abgedunkelten und gut ventilierten Raum durchgeführt. Mit Ausnahme des Elektroenzephalo-

graphen befanden sich die Geräte, d.h. der Analysator sowie das Druckwerk, außerhalb des Ableitungsraumes. Der EEG-Apparat verursachte lediglich ein leises Summen, das, wenn überhaupt, nur während der ersten Minuten bemerkt wurde. In Übereinstimmung mit den Erfahrungen von CHRISTIAN erwies sich dieses Geräusch sogar eher als günstig, da Versuchspersonen in einer sehr reizarmen Umgebung leicht unruhig und am Einschlafen behindert werden.

Ableitungsvorgang

Am Tag vor der Ableitung wurden die Patienten von den Stationsärzten mit der Untersuchung vertraut gemacht. Während der Ableitung hielt sich der Versuchsleiter außerhalb des Ableitungsraumes auf und verfolgte das Original-EEG auf dem Kontroll-oszillographen des Analysators. Um die Zeichenarbeit bei der Auswertung zu reduzieren, wurde nur jede zweite Minute analysiert, und zwar abwechselnd die bipolare par.-occip. Ableitung der rechten und linken Hemisphäre. Der Papiertransport erfolgte nur alle vier Minuten, so daß die Werte der beiden Zählperioden auf einem Abdruck erschienen, und man so den Mittelwert leicht ablesen konnte. Auf diese Weise erhielt man also 15 Meßpunkte pro Stunde. Gleichzeitig mit jedem Papiertransport wurde zur Kontrolle das Original-EEG für die Dauer von 10 sec aufgezeichnet.

Die vom Druckwerk des Analysators auf einem Papierstreifen gelieferten Meßwerte wurden als mehrfarbiges Diagramm auf Millimeterpapier übertragen. Das so gewonnene Kurvenbild war noch wenig übersichtlich, und es erwies sich als vorteilhaft, den schnellen und den langsamen Anteil jeder der vier Hauptfrequenzen in einer Summationskurve zusammenzufassen. Anhand der vier Summenkurven ließ sich der Schlafverlauf recht deutlich erkennen (Abb. 1). Charakteristisch waren der mit der Schlaf-tiefe zunehmende Anstieg der dem theta- und delta-Frequenzbereich entsprechenden und das Absinken der dem alpha-Rhythmus zugehörigen Werte. Die Schlafspindeln waren über der hinteren Schädelhälfte wenig ausgeprägt. Das erwies sich als günstig, da sie bei Absinken unter eine Frequenz von 13/sec im Tiefschlaf eine Vermehrung der alpha-Aktivität vorgetäuscht hätten.

Schlaftiefe

Um die jeweilige Kurvenkonstellation mit einem einzigen Wert zu erfassen, führten wir die Formel

$$\frac{\text{theta} + \text{delta}}{\text{alpha}}$$

ein, deren Brauchbarkeit wir anhand zahlreicher Untersuchungen prüften. Die mit dieser Formel ermittelten Werte wurden in ein Diagramm übertragen (Abb. 1). So erhält man eine einzige Kurve, deren Form dem Schlafablauf entspricht. Trägt man in die Kurve als Nulllinie den Mittelwert des Quotienten im Wachzustand bei geschlossenen Augen ein, so kann man aus dieser Schlaf-tiefenkurve die jeweilige Schlaf-tiefe direkt ablesen. Die Schlaf-tiefe ergäbe sich dann aus der Formel:

$$T_s = \frac{\sum S + \delta S}{\Delta S} - \frac{\sum W + \delta W}{\Delta W}$$

Schlafmenge

Von ENDRES stammt der hypothetische Begriff der Schlafmenge, die als das Produkt aus durchschnittlicher Schlaf-tiefe und Schlaf-dauer definiert wird. Dieses Produkt entspricht dem Flächeninhalt unserer Schlaf-tiefenkurve oberhalb der Nulllinie. Zur Bestimmung der Schlafmenge wurde folgende Formel gewählt:

$$M_s = \left(\frac{\sum Y}{n} - Y_0 \right) \times T$$

Dabei sind:

- M_s - Schlafmenge
- T - Ableitungsdauer in Minuten
- $\sum Y$ - Summe aller nach der Formel $\frac{\text{theta} + \text{delta}}{\text{alpha}}$ ermittelten Werte
- Y_0 - Höhe der Nulllinie, d.h. mittlere Ordinate der Schlaf-tiefenkurve in wachem, entspanntem Zustand bei geschlossenen Augen
- n - Anzahl der Messungen

IV K R I T I K D E R M E T H O D E

Das Untersuchungsverfahren war bereits vor Beginn der eigentlichen Untersuchungen in zahlreichen Vorversuchen erarbeitet und seine Brauchbarkeit geprüft worden. Es sind aber einige kritische Bemerkungen erforderlich, die die Grenzen unseres Verfahrens aufzeigen und auf manche Bedenken eingehen sollen.

Einwände könnten gegen die Beschränkung auf eine Hirnregion, die diskontinuierliche Registrierung und die unkonventionelle Art der Analyse erhoben werden. Viele der geläufigen EEG-Veränderungen während des Schlafes werden nicht oder nur unvollkommen erfaßt, so die K-Komplexe und die Schlafspindeln. Ohne größeren technischen Aufwand ist es aber nicht möglich, alle diese EEG-Merkmale mit einem einzigen automatischen Analyseverfahren gleichzeitig zu erfassen. Das ist auch nicht notwendig, da die quantitative Aufzeichnung der für die jeweilige Fragestellung wichtigsten Merkmale ausreicht. Wir konnten nur einen EEG-Kanal der Analyse unterwerfen und wollten prüfen, ob die über einer Hirnregion erfaßten Frequenz- und Amplitudenänderungen zur hinreichend genauen Bestimmung der jeweiligen Schlaftiefe ausreichten. Das ist, wie ein Vergleich mit den bei den Schlafableitungen aufgezeichneten Serien von Original-EEG-Belegstreifen zeigt, der Fall. Die Tatsache, daß die Intervallanalyse aperiodische, hirnelektrische Vorgänge ebenso wie schwingungsähnliche berücksichtigt, mindert ihre praktische Brauchbarkeit zur Schlaftiefenmessung nicht.

Mit der oben beschriebenen Art des Zählvorgangs hängt es zusammen, daß wir ein relativ hohes Niveau der den theta- und delta-Wellen entsprechenden Intervallbereiche auch dann finden, wenn im Original-EEG Wellen dieser Frequenzen gar nicht oder nur vereinzelt zu beobachten sind. Darüber hinaus kann die Kurve der langen Intervalle ansteigen, ohne daß im EEG eine Zunahme langsamer Wellen zu bemerken ist, einfach deshalb, weil Amplitudenschwankungen oder Lücken im Grundrhythmus als Intervalle in die Kurve eingehen. Es ist nicht einzusehen, warum diese Art der Registrierung den hirnelektrischen Vorgängen weniger adäquat sein sollte als die konventionelle Frequenzanalyse. Theoretische Überlegungen sprachen sogar für

die Intervallanalyse, und im praktischen Gebrauch ist diese wahrscheinlich zuverlässiger als die durch Verwendung von Frequenzfiltern stärker mit systematischen Fehlern behaftete Frequenzanalyse. Die fehlende Abgrenzbarkeit der Amplitudenveränderungen von Häufigkeitsänderungen der Intervalle schränkt zwar den allgemeinen Wert der Analyse ein, kommt aber einer Erleichterung der Auswertung zugute. Aus dem Ansteigen der langsamen und dem Absinken der schnellen Frequenzbereiche (bzw. umgekehrt) läßt sich leicht der ungefähre Schlafverlauf ablesen. Nicht ohne weiteres jedoch findet man den Anschluß an die Schlafstadieneinteilung von LOOMIS, da sich diese an anderen Merkmalen orientiert. Man könnte durch Vergleiche der Intervallanalyse mit der Schlaftiefeinschätzung nach Loomis auch eine intervallanalytische Schlafstadieneinteilung erreichen, das wäre aber wenig sinnvoll, da die Intervallanalyse ja gerade den Vorteil besitzt, den Schlaf stufenlos ohne Zwischenschaltung einer subjektiven Wertung aufzuzeichnen.

Der Verzicht auf eine lückenlose Registrierung bedeutet einen Kompromiß, der im Interesse einer Arbeitserleichterung geschlossen werden mußte. Selbst bei diesem vereinfachten Verfahren erfordert die Übertragung des Analysenstreifens einer Nacht zu einer kurvenmäßigen Darstellung etwa 24 Arbeitsstunden. Zwar leidet durch die Beschränkung auf 15 Meßpunkte pro Stunde die Genauigkeit des Verfahrens, da kurzfristige Schwankungen u.U. nicht erfaßt werden. Für den Schlafablauf bei gesunden Versuchspersonen hat das nach unseren Erfahrungen keine Bedeutung, da die Übergänge zwischen den einzelnen Schlafphasen nicht plötzlich erfolgen. In pathologischen Fällen sind wir jedoch nicht sicher, ob wir kurzfristige Schwankungen der Schlaftiefe, wie sie insbesondere im leichten Schlaf auftreten, regelmäßig erfassen. Nicht selten konnten wir bei schlafgestörten Depressiven einen sehr flüchtigen Wechsel des EEG-Musters auf dem Kontroll-Oszillographen beobachten, wobei zum Teil für weniger als $1/2$ Minute der Wachzustand durch ein oberflächliches Schlafstadium abgelöst wurde. Auf ein derartiges in den Schlaf-tiefenkurven nicht deutlich erkennbares Oszillieren der Schlaf-tiefe um die Nulllinie, das den Gesamtverlauf des Schlafes nicht grundsätzlich verändert, wird noch eingegangen. Auf seine exakte

Erfassung, die zwar in einigen Fällen von Interesse gewesen wäre, mußte leider zugunsten der notwendigen Arbeitsrationalisierung verzichtet werden.

Bei der mit dem Quotienten $\frac{\alpha + \delta}{\beta}$ gewonnenen Schlaftiefenzahl handelt es sich lediglich um einen Richtwert, der den Vergleich des Schlafablaufes mehrerer Personen ermöglichen soll. Das Gleiche gilt aber auch für alle anderen Verfahren der Schlaftiefenbestimmung, so auch für die Schlafstadieneinteilung von LOOMIS. Inwieweit diese mit verschiedenen Methoden erhaltenen Werte der wirklichen Schlaftiefe entsprechen, bleibt dahingestellt. Die Bildung eines Quotienten war erforderlich, um individuelle Unterschiede der hirnelektrischen Spannungsproduktion zu eliminieren und die einzelnen Kurven vergleichen zu können. Da dieser Quotient die jeweilige Schlaftiefe wiedergeben sollte, mußten die mit zunehmender Schlaftiefe ansteigenden Werte in den langen Intervallbereichen im Zähler und die beim Einschlafen abfallenden Werte der kurzen Intervallbereiche im Nenner stehen. Die beta-Wellen wurden nicht berücksichtigt, da sie stark von Muskelartefakten beeinflusst werden, und außerdem, wie schon erwähnt, die Frequenz der beta-Schlaf-Spindeln bei größerer Schlaftiefe absinkt, wodurch eine alpha-Aktivierung vorgetäuscht würde. Die alpha-Wellen mußten mit in dem Quotienten erscheinen, da die Zunahme der Schlaftiefe nicht allein auf einem Anstieg der langsamen Frequenzen, sondern auch auf einem Absinken der schnellen Frequenzen beruht und zudem der alpha-Rhythmus während des weiteren Schlafverlaufs ständigen Schwankungen unterworfen ist. Zur Erläuterung sei erwähnt, daß der erste Anstieg unserer Schlaf-tiefenkurven in der Mehrzahl der Fälle auf einer rapiden Aktivitätsverminderung der alpha-Frequenz bei gleichzeitiger, aber nicht so steiler Aktivitätsvermehrung der langsamen Frequenzen beruhte. Der weitere Anstieg der Kurve erfolgte dann fast ausschließlich durch weitere Zunahme der theta- und delta-Wellen. Die alpha-Aktivierung im Einschlafstadium hatte auf unsere Schlaf-tiefenkurve keine wesentliche Auswirkung, da sie durchweg nur flüchtig auftrat und zudem regelmäßig von einem gleichzeitigen Anstieg der langsamen Frequenzen begleitet war. Aus einer Anzahl mehrerer möglicher Formeln wurde die einfachste ausgewählt, weil

die mit ihr errechneten Schlaftiefen am besten den nach dem Original-EEG geschätzten Schlaftiefen entsprachen.

Problematisch war auch die Bestimmung der Wach-Schlaf-Schwelle. Eine Wach-Schlaf-Schwelle als Nulllinie läßt sich individuell nicht genau bestimmen, da sich wahrscheinlich bereits im Übergangsbereich, dem Zustand der Schläfrigkeit, bestimmte Erholungsvorgänge abspielen. Dieser Übergangsbereich wurde daher bei den vorliegenden Untersuchungen schon dem Schlaf zugeordnet und wir orientierten uns bei der Festlegung der Nulllinie an den Analysenwerten des Wachzustandes bei geschlossenen Augen. Da aber nach den Vorstellungen von ZUTT auch im Wachzustand, ähnlich wie im Schlaf, Modifikationsmöglichkeiten und graduelle Unterschiede der Wachsamkeit bestehen, die von entsprechenden EEG-Merkmalen begleitet werden, entbehrt unsere Schlafschwelle-festsetzung nicht des Willkürlichen und hat zur Folge, daß unsere Kurven hin und wieder unter der Nulllinie liegen.

In zwei Fällen - je einer normalen Versuchsperson und einem Patienten - wurde eine fortlaufende Schätzung der Schlaftiefe anhand der während der Ableitungen regelmäßig alle vier Minuten aufgezeichneten EEG-Begleitstreifen von jeweils 10 sec Länge vorgenommen (Abb. 2). Die Einteilung der Schlafstadien erfolgte in Anlehnung an LOOMIS von 0 - 7 nach folgenden Kriterien:

- 0 = wach,
- 1 = alpha-Aktivierung,
- 2 = Zerfall des alpha-Rhythmus mit Aktivitätsminderungen,
- 3 = Spindeln und theta-Wellen,
- 4 = Spindeln und höhere theta-Wellen,
- 5 = Spindeln und theta- und delta-Wellen,
- 6 = fast ausschl. delta-Wellen mittl. Amplitude,
- 7 = hochamplitudige delta-Wellen.

Bei Gegenüberstellung der so erhaltenen Schlaftiefenkurven mit entsprechenden EIVA-Kurven ließ sich zwar eine prinzipielle Übereinstimmung feststellen, doch wiesen die geschätzten Kurven nicht die Feinheiten der EIVA-Schlaf-tiefenkurven auf (Abb.2).

Durch das freundliche Entgegenkommen von Herrn Dr. M.R. WOLFF, Düsseldorf, hatten wir Gelegenheit, in einem weiteren Fall unsere EIVA-Schlaf-tiefenkurve mit einer Kurve zu vergleichen, die nach den Werten, die Herr Dr. Wolff nach seiner Methode aus

unserem EEG-Kontrollstreifen ermittelt hatte, gezeichnet wurde. Herr Dr. Wolff wählte folgende Schlafstadien:

- 0 = wach
- 1 = schläfrig
(Unregelmäßigkeit und Abflachung der Amplitude)
- 2 = sehr leichter Schlaf
(verstärkte Unregelmäßigkeit mit wieder erhöhten Amplituden)
- 3 = leichter Schlaf (Schlafspindeln)
- 4 = mittlerer Schlaf (Spindeln und theta-Wellen)
- 5 = Tiefschlaf (überwiegend theta- und delta-Wellen).

Auch bei Gegenüberstellung dieser beiden Kurven ergab sich eine hinlängliche Übereinstimmung, wenn auch die nach den Werten von Dr. Wolff angefertigte Kurve infolge ihres eckigen Verlaufes den Ablauf des Schlafes weniger differenziert wiedergab (Abb. 3).

Unsere Methode erweist sich somit als geeignet zur quantitativen Untersuchung des Schlafes. Sie liefert brauchbare Vergleichswerte und scheint anderen Methoden überlegen zu sein.

V E R G E B N I S S E

Schon bei oberflächlicher Betrachtung der von uns gewonnenen Schlaftiefenkurven (Abb. 4 - 7) beeindruckten die individuellen Eigentümlichkeiten und die charakteristischen Unterschiede zwischen gesunden und depressiven Versuchspersonen. Eine kursorische Beschreibung genügt aber nicht. Wir haben daher alle Kurven nach bestimmten Gesichtspunkten untersucht. Als wesentliche Merkmale wählten wir den Schlafverlauf, die Schlaftiefe, die Schlafdauer, die Schlafmenge, die Anzahl und zeitliche Lage der Schlafgipfel sowie das Verhältnis der Schlaftiefe zur Schlafzeit (Tab. 1 und 2).

1. Schlafverlauf

A. Normale

Bei acht Normalen (1,2,3,6,7,8,10 u.12) fand sich ein Schlaftiefenmaximum in den ersten zwei Stunden nach Schlafbeginn. Bei fünf von diesen waren sogar zwei Maxima in den ersten beiden Stunden zu erkennen. Die Dauer der Maxima variierte zwischen 15 und 30 Minuten. Es fiel auf, daß der Übergang von einem Maximum in den nachfolgenden leichteren Schlaf in allen Fällen abrupt erfolgte, und zwar auch dann, wenn Artefakte durch unbeabsichtigte Weckreize mit weitgehender Sicherheit ausgeschlossen werden konnten. In sieben Fällen traten noch ein bzw. zwei weitere Tiefschlafphasen im Verlauf der Nacht auf. Diese Phasen waren jedoch von kürzerer Dauer und geringerer Tiefe als die Maxima zu Schlafbeginn.

In zwei Fällen (5 u. 9) wurde ein Schlaftiefenmaximum erst in der dritten Stunde erreicht. Drei Kurven (13, 14 u. 15) wiesen jeweils nur zwei kleinere Maxima ungefähr gleicher Höhe auf, welche in zwei Fällen zu Schlafbeginn und gegen Morgen, in einem Fall dagegen beide in der Mitte der Nacht eintraten. Zwei gesunde Versuchspersonen (4 u. 11) hatten keine ausgeprägten Maxima. Ihr Schlaf war ungleichmäßig und nicht sehr tief.

In den Fällen mit deutlichen Maxima erreichte der Schlaf im Intervall geringe bis höchstens mittlere Tiefe. Eine deutliche Zunahme der Schlaftiefe fand sich in zehn Normalfällen.

B. Patienten

14 der 20 Patientenkurven, d.h. 70 %, unterscheiden sich sehr deutlich selbst von den flachsten und unregelmäßigsten Kurven gesunder Versuchspersonen. Diese Patienten verharrten fast ausnahmslos in ganz oberflächlichem Schlaf, in den nur selten kurze Phasen mittleren Schlafes eingestreut waren. Einige imponierten mehr als Einschlaf-, andere als Durchschlafstörungen. Das für diese Gruppe Charakteristische aber waren die Flachheit des Schlafes und die immer auftretenden mehr oder minder häufigen und langen Wachperioden bzw. Perioden des Dösens.

Nur eine Patientin (1) erreichte eine Schlaftiefe, die der eines guten gesunden Schläfers entsprach; ihr Schlaftiefenmaximum lag in der ersten Stunde. Im weiteren Verlauf folgten nochmals zwei Tiefschlafphasen. Der Schlaf in den Intervallen aber war unregelmäßiger als bei den normalen Versuchspersonen.

Drei Patientenkurven (4, 8 und 13) wiesen zwar ein anfängliches Schlaftiefenmaximum auf, das etwa dem Durchschnitt der fünf niedrigsten unserer gesunden Versuchspersonen entsprach, aber der weitere Schlafverlauf wich doch klar von dem der Normalen ab. Zwei dieser Patienten erreichten im Anschluß an ihr Maximum nur noch einen sehr leichten Schlaf. Der dritte Patient lag nach dem Maximum drei Stunden wach, bevor er erneut einschlief. In zwei weiteren Fällen (2 u. 3) zeigte sich ein Schlafverlauf ähnlich den gesunden Versuchspersonen (13, 14 u. 15), die zwei Phasen mittleren Schlafes ohne ausgeprägte Maxima aufwiesen. Eine deutliche Vertiefung des Schlafes vor dem Erwachen wurde nur bei drei Patienten beobachtet.

2. Schlaftiefe

A. Durchschnittliche Schlaftiefe

Die durchschnittliche Schlaftiefe der Normalen betrug 5,5 (3,4-10,0), die der Patienten 2,5 (1,1-5,1). Nur drei unserer 20 Patienten (1, 2 u. 4) kamen mit ihrer durchschnittlichen Schlaftiefe in den unteren Grenzbereich normaler Versuchspersonen, während alle übrigen deutlich darunter blieben.

B. Maximale Schlaftiefe

Für die maximale Schlaftiefe wurde bei den Normalen ein Wert von 14,1 (7,5-23,3), bei den Patienten ein solcher von 5,3 (1,1-14,0) ermittelt. Nur vier Patienten (1,2,4 u. 8) überschritten eindeutig den niedrigsten Wert einer normalen Versuchsperson, während die Mehrzahl der Depressiven ein nur sehr geringes Schlaf-tiefenmaximum erreichte.

Alle Original-EEG-Kurven wurden unter Benutzung der Schlafstadieneinteilung von LOOMIS auf das tiefste erreichte Schlafstadium hin untersucht. Dabei ergab sich, daß sechs normale Versuchspersonen bis in das E-Stadium (tiefer Schlaf) und sechs weitere in das D-Stadium (mittlerer Schlaf) gelangten.

Von den Patienten erreichten nur drei das D-Stadium und 11 das C-Stadium. Sechs Patienten kamen nicht über das B-Stadium (leichter Schlaf) hinaus.

Schlafspindeln fanden sich bei allen Normalen und bei den Patienten, die mindestens das C-Stadium erreichten.

3. Zeitpunkt der maximalen Schlaftiefe und Häufigkeit von Schlafgipfeln

Der Zeitraum zwischen Einschlafen und maximaler Schlaftiefe variierte bei den Normalen zwischen 16 min und 2 h 50 min, bei den Patienten zwischen 4 min und 5 h 44 min.

Von einem Schlafgipfel sprechen wir, wenn die Schlaftiefe den doppelten Wert der durchschnittlichen Schlaftiefe erreicht. Mit einer Ausnahme wiesen alle gesunden Versuchspersonen einen oder mehrere Schlafgipfel auf. Am häufigsten fanden sich zwei oder drei Gipfel (bei je fünf Personen). Zwei Normale hatten vier, zwei andere nur je einen Gipfel.

Bei den Patienten fanden sich Schlafgipfel nur in sechs Fällen. Hiervon hatte ein Patient vier, zwei hatten drei, einer zwei und einer einen Gipfel. Die Patienten mit ausgesprochenen Schlafgipfeln waren die gleichen, die auch hinsichtlich ihrer Schlafmenge hervorstachen.

4. Schlafdauer und effektive Schlafzeit

Als Schlafdauer bezeichneten wir die Zeit vom ersten Einschlafen bis zum endgültigen Erwachen, als effektive Schlafzeit die Summe der einzelnen Schlafphasen. Als Schlaf wurde dabei bewertet, wenn die Wach-Schlaf-Schwelle (Nulllinie) um mindestens eine Einheit nach oben überschritten wurde.

Die Schlafdauer betrug bei den Normalen durchschnittlich 7 h 20 min (5h 16min-9h 16min), bei den Patienten 5 h 40 min (12min (!) - 9h 28min). Als effektive Schlafzeit ergab sich für die Normalen 6 h 30 min (4h 32min-8h 32min), für die Patienten 3 h 20 min (12min-8h 56min). Die Differenz zwischen Schlafdauer und effektiver Schlafzeit entsprach der Summe der Wachperioden (im Durchschnitt 50 min bei den Normalen gegenüber 2 h 20 min bei den Patienten).

Als Maßstab für die Kontinuität des Schlafes diente der Quotient aus effektiver Schlafzeit und Schlafdauer. Er betrug im Idealfall 1,0. Die Normalen erreichten im Durchschnitt einen Wert von 0,92 (0,81 - 1,0), die Patienten einen solchen von 0,63 (0,13 - 1,0). Es ist aber zu berücksichtigen, daß eine solche Berechnung hypothetisch ist, da der Idealwert 1,0 für kontinuierlichen Schlaf auch von drei Patienten erreicht wurde, die nur eine einzige Schlafphase von wenigen Minuten aufwiesen. Würde man diese Patienten eliminieren, so ergäbe sich ein Wert von 0,56.

5. Verhältnis der Schlaftiefe zur effektiven Schlafzeit

Zwischen der durchschnittlichen Schlaftiefe und der effektiven Schlafzeit ließ sich weder bei den Normalen noch bei den Patienten eine signifikante Beziehung feststellen. Immerhin konnte man aber die normalen Versuchspersonen hinsichtlich ihrer Schlafzeit in Kurz- und Langschläfer einteilen. Dabei ergab sich für die Kurzschläfer (4 1/2-5 3/4 h) eine Streuung der durchschnittlichen Schlaftiefe von 4,2 - 6,9, bei Langschläfern (7 - 8 1/2 h) hingegen eine solche von 3,4 - 10,0. Bei den Kurzschläfern war also die durchschnittliche Schlaftiefe recht einheitlich, während bei den Langschläfern größere Unterschiede der Schlaftiefe zu beobachten waren. Das bedeutete: eine lange Schlafzeit kann mit einer großen, aber auch mit einer geringen Schlaftiefe ein-

hergehen.

6. Schlafmenge

Die Schlafmenge der normalen Versuchspersonen betrug im Durchschnitt 2300 (1450 - 5200). Bei den Patienten lag der Durchschnittswert bei 670 (30 - 2015), was etwa 29 % des Wertes der Normalen entsprach.

Bei den Patienten ließ sich eine Gruppierung wie folgt feststellen:

- a) Diese Gruppe umfaßte vier Patienten mit einer durchschnittlichen Schlafmenge von 1780 (1575 - 2015). Dieser Wert lag noch beträchtlich unter dem der Normalen.
- b) Für die größte Gruppe (14 Pat.) wurde eine Schlafmenge von nur 440 (140 - 970) ermittelt. Dieser Wert entsprach 19 % des Durchschnittswertes der zu Gruppe a) gehörenden Patienten.
- c) Zwei Patienten schliefen fast überhaupt nicht. Sie wiesen eine Schlafmenge von 30 bzw. 40 auf.

Schlafmenge und EEG-Muster

Zur kurzen Charakterisierung des EEG-Musters war der zur Berechnung der Schlaftiefe benutzte Quotient $\frac{\text{theta} + \text{delta}}{\text{alpha}}$ brauchbar. Sein Durchschnittswert im Wachzustand bei geschlossenen Augen ergab die Nulllinie der Schlaf-tiefenkurve. Zwischen der Schlafmenge und der Lage der Nulllinie ließ sich weder bei den Normalen noch bei den Patienten eine Korrelation feststellen. Die Schlafmenge hatte also offenbar keine Beziehung zum Muster des Ausgangswach-EEG.

VI DISKUSSION

Die bisher in der Literatur erwähnten Schlafverlaufskurven von gesunden Versuchspersonen weisen durchweg ein Schlaftiefenmaximum in den ersten beiden Stunden nach Schlafbeginn auf (KOHLSCHÜTTER, PIESBERGEN, MICHELSON, HAAS, WÖHLISCH, BLAKE, ENDRES, KLEITMAN, LOOMIS). Auch die Mehrzahl unserer Kurven zeigt ähnliche Verhältnisse. Nur in zwei Fällen findet sich ein Maximum erst gegen Ende der dritten Stunde und in zwei weiteren Fällen ein Kurvenverlauf ohne deutliche Maxima. In dem auf das Schlaftiefenmaximum folgenden Schlaf verzeichnen wir wie auch KOHLSCHÜTTER, MULLIN, BLAKE, CHRISTIAN, MARBACH, DEMENT, KLEITMAN, LOOMIS, BROOKS und LESTER Schwankungen, jedoch treten diese in den mit Hilfe der Intervallanalyse gewonnenen Schlafkurven stärker und häufiger in Erscheinung. Zudem zeigen sich in einigen Kurven mehrere Schlafgipfel. Eine Gesetzmässigkeit im Schlafablauf konnte im Gegensatz zu MULLIN, MICHELSON und KLEITMAN nicht festgestellt werden.

Genauere Untersuchungen des Schlafes bei Depressiven sind bisher in der Literatur nicht bekannt. Nach den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit ist der Schlaf der Depressiven durchweg flach und weist mehr oder minder häufig eingestreute Perioden leichtesten Schlafes bzw. Wachperioden auf. Nur drei der Patienten zeigen einen den Normalen entsprechenden Schlafverlauf. Sie gleichen den Normalen auch in Bezug auf Schlafdauer, Schlaftiefe und Schlafmenge. Es handelt sich bei diesen Patienten - zwei hypochondrische Depressionen im Klimakterium (Tab.2: Pat. 1 u. 2) sowie eine Wochenbettdepression (Pat. 3) - nach dem klinischen Bild um leichtere Erkrankungen, die zur Zeit der Untersuchung zudem bereits weitgehend abgeklungen sind. Alle übrigen Patienten haben schwere Depressionen. Sieben von ihnen sind bereits zu einem früheren Zeitpunkt wegen der gleichen Erkrankung in stationärer Behandlung gewesen.

Als normale Schlafdauer werden von den meisten Autoren 6 - 8 h angegeben. Dem entspricht die von uns ermittelte durchschnittliche Schlafdauer von 7 h 20 min. Hinsichtlich der durchschnittlichen Schlafdauer der Depressiven stimmen die vorliegenden Er-

gebnisse völlig mit den von DIAZ-GUERRERO ermittelten Werten überein. Von grösserer Bedeutung aber ist die effektive Schlafzeit. Diese ist bei den Patienten weit geringer als bei den Normalen, da in die Gesamtschlafzeit auch die Perioden des Wachseins einbezogen sind. In dieser Hinsicht sind unsere Ergebnisse exakter als die von DIAZ-GUERRERO.

Auch in Bezug auf die durchschnittliche sowie maximale Schlaf-tiefe finden sich zwischen Patienten und Normalen deutliche Unterschiede. Als tiefstes Schlafstadium erreicht die Mehrzahl der Patienten lediglich das C-Stadium (nach LOOMIS), nur drei Patienten (Pat. 1,2,3) gelangen in das D-Stadium. Im Gegensatz zu den Patienten erreicht die Mehrzahl der Normalen das E-Stadium bzw. D-Stadium.

Die durchschnittliche Schlafmenge der Depressiven ist erheblich geringer als die der Normalen.

Sowohl bei den Patienten als auch bei den Normalen zeigen sich hinsichtlich der untersuchten Kriterien ausgeprägte individuelle Unterschiede. Diese Feststellung machten auch ENDRES und BROOKS.

Insgesamt ergibt sich für Patienten und Normale eine gute Übereinstimmung von Schlafverlauf, Schlafdauer, Schlaf-tiefe und Schlafmenge mit dem subjektiven Erholungsäquivalent des Schlafes. Die anhand der Untersuchungen dieser Arbeit ermittelten Unterschiede zwischen Depressiven und Normalen sind so ausgeprägt, daß man wohl von einem verminderten Erholungswert des Schlafes der Depressiven sprechen darf.

VII Z U S A M M E N F A S S U N G

Die vorliegende Arbeit behandelt elektroenzephalographische Untersuchungen des Schlafes bei depressiven Patienten und normalen Vergleichspersonen. Das Elektroenzephalogramm wurde mit Hilfe der Intervallanalyse nach Dr. TÖNNIES ausgewertet.

Diese neue Methode der kontinuierlichen EEG-Auswertung wird ausführlich behandelt und kritisch besprochen. Die Intervallanalyse stellt ein objektives, brauchbares Verfahren zur quantitativen Untersuchung des Schlafes dar und scheint anderen Methoden der EEG-Auswertung überlegen zu sein.

Zur Bestimmung der Schlaftiefe wurde der Quotient $\frac{\text{theta} + \text{delta}}{\text{alpha}}$ gewählt. Der Schlafverlauf wurde graphisch dargestellt durch Übertragung der Schlaftiefenzahlen in ein Diagramm. Die Schlafmenge ergab sich aus dem Produkt aus Schlafdauer und durchschnittlicher Schlaftiefe.

Untersucht wurden 20 depressive Patienten und 15 normale Vergleichspersonen. Die Versuche führten zu folgenden Ergebnissen: Der normale Schlaf wies innerhalb der ersten beiden Stunden nach Schlafbeginn ein Schlaftiefenmaximum, in einigen Fällen sogar zwei Maxima auf. Der weitere Schlafverlauf zeigte stärkere Schwankungen. Der Schlaf der Depressiven war hingegen in den meisten Fällen flach und ohne ausgesprochene Schlafgipfel. Als durchschnittliche Schlaftiefe ergab sich für die Normalen ein Wert von 5,5, für die Patienten ein solcher von 2,5. Die max. Schlaf-tiefe betrug bei den Normalen im Durchschnitt 14,1, bei den Patienten 5,3.

Als durchschnittliche Schlafdauer wurden bei den Normalen 7 h 20 min, bei den Patienten 5h 40 min ermittelt. Hinsichtlich der effektiven Schlafzeit ergaben sich für die Normalen 6h 30min, für die Patienten 3h 20min. Die durchschnittliche Schlafmenge der Normalen betrug 2300, die der Patienten 670. Sowohl bei den Patienten als auch bei den Normalen bestanden ausgeprägte individuelle Unterschiede. Die Schlafkurven entsprachen dem Erholungsäquivalent des Schlafes. Der Erholungswert des Schlafes der Depressiven kann als gegenüber der Norm vermindert bezeichnet werden.

Normale Versuchspersonen

Nr.	Ge- schlecht	Alter	O-Linie	Schlaf- dauer in min	Effekt. Schlaf- zeit	Effekt. Schlaf- dauer	SZ	Maxim. Schlaf- tiefe	Durchschn. Schlaf- tiefe	Schlaf- menge
1	m	24	3.5	484	468	0.97		20.0	10.0	5200
2	m	26	0.7	544	512	0.95		23.3	7.4	3845
3	m	28	1.4	484	484	1.00		18.2	6.2	3035
4	m	26	1.3	448	436	0.98		10.9	5.4	2320
5	m	18	1.9	404	340	0.85		14.3	6.4	2245
6	m	32	1.2	316	316	1.00		17.2	6.9	2115
7	m	28	1.4	476	428	0.90		16.9	4.5	1960
8	w	58	1.0	424	340	0.81		13.9	5.2	1875
9	w	24	0.8	396	344	0.87		14.5	5.1	1860
10	m	59	1.5	436	420	0.97		12.2	4.4	1840
11	m	22	0.9	484	432	0.90		7.5	4.2	1785
12	m	65	0.8	320	272	0.85		15.5	5.7	1715
13	w	28	0.7	496	424	0.86		9.7	3.9	1670
14	w	28	1.9	556	496	0.90		9.1	3.4	1545
15	m	57	0.8	344	328	0.96		8.8	4.2	1450

Depressive Patienten

Nr.	Geschl.	Alter	O-Linie	Schlaf- dauer in min	Effekt. SZ	$\frac{\text{Eff. SZ}}{\text{SD}}$	Max. Schlaf- tiefe	Durch- schnittl. ST	Schlaf- menge	Diagnose
1	w	46	1.5	476	396	0.85	14.0	5.1	2015	Hypochondr. Depr. im Klimakt.
2	w	54	1.2	532	448	0.84	10.1	4.2	1910	Postklim. hypoch. Depr.
3	w	28	2.2	568	536	0.94	7.5	3.1	1640	Wochenbett-Depr.
4	w	60	1.7	512	316	0.61	8.1	4.8	1575	Endog. Depr.
5	m	40	2.1	560	316	0.56	5.3	2.5	970	Endog. Depr.
6	w	48	0.9	428	276	0.64	6.1	2.3	665	Hypochondr. Depr.
7	w	54	1.4	418	292	0.72	4.0	1.8	640	Klim. Depr.
8	m	54	1.3	396	176	0.44	8.7	2.7	575	Endog. Depr.
9	w	50	1.3	328	160	0.49	5.6	3.0	520	Endog. Depr.
10	m	40	1.6	536	208	0.39	3.4	1.5	520	Endog. Depr.
11	w	40	1.4	424	212	0.50	3.6	1.9	515	Endog. Depr.
12	w	51	1.9	464	216	0.46	3.6	2.0	470	Endog. Depr.
13	w	50	0.9	120	76	0.63	7.6	3.1	315	Endog. Depr.
14	w	42	1.7	100	100	1.00	3.2	2.2	235	Endog. Depr.
15	w	53	1.0	324	44	0.13	3.1	1.9	215	Klim. Depr.
16	w	38	1.0	324	60	0.18	3.1	1.9	195	Depr.
17	w	58	1.2	312	80	0.25	2.8	1.2	185	Endog. Depr.
18	m	52	1.7	44	44	1.00	4.8	2.4	140	Endog. Depr.
19	w	48	1.3	4	4	1.00	1.1	1.1	45	Klim. Depr.
20	w	28	1.5	12	12	1.00	2.5	2.1	30	Depr., Stupor

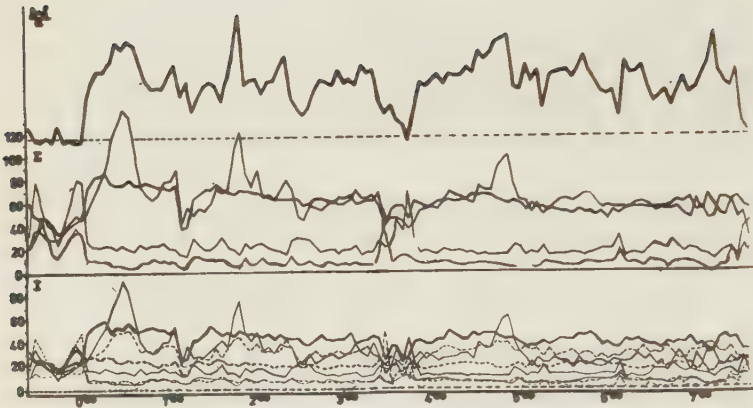


Abb. 1

Beispiel der Gewinnung einer Schlaftiefenkurve.

In den unteren acht Kurven sind die vom Intervallanalysator gelieferten Messwerte graphisch dargestellt.

Die mittleren Kurven sind Summationskurven für die Hauptfrequenzbereiche alpha, beta, theta und delta.

Darüber findet sich die mit dem Quotienten $\frac{\text{theta} + \text{delta}}{\text{alpha}}$ errechnete Schlaftiefenkurve.

Die Nulllinie entspricht dem Durchschnittswert des Quotienten im Wachzustand bei geschlossenen Augen.

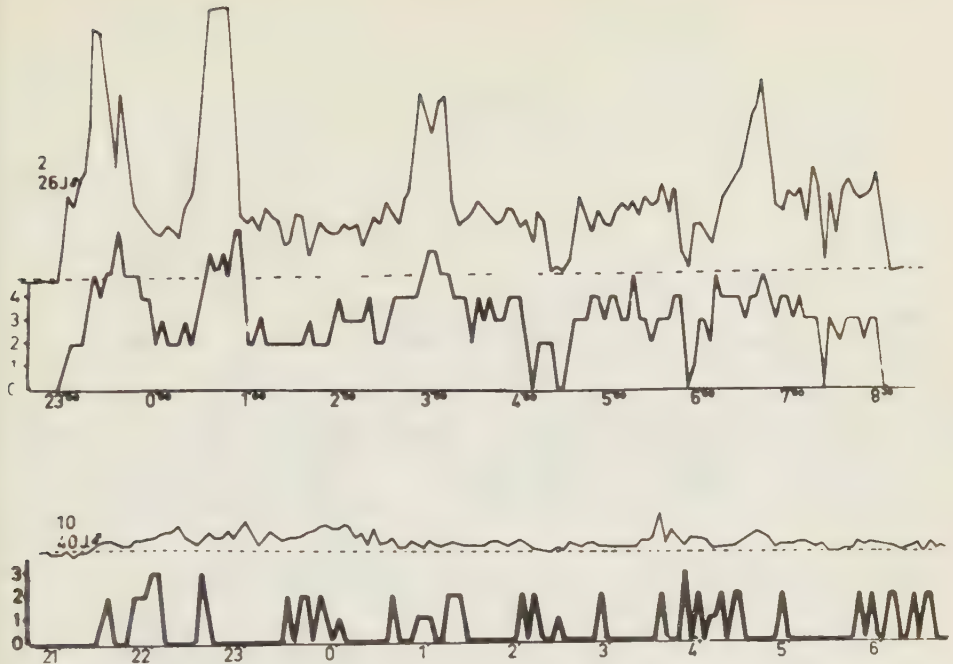


Abb. 2

Gegenüberstellung von Schlafdiagrammen, die mit Hilfe der Intervallanalyse und solchen, die durch visuelle Auswertung des EEG in Anlehnung an die Schlafstadien von LOOMIS gewonnen wurden (s. Text). Die durch visuelle Auswertung ermittelten Kurven sind dicker gezeichnet. Es handelt sich um Schlafkurven einer normalen Versuchsperson (2) und eines depressiven Patienten (10).

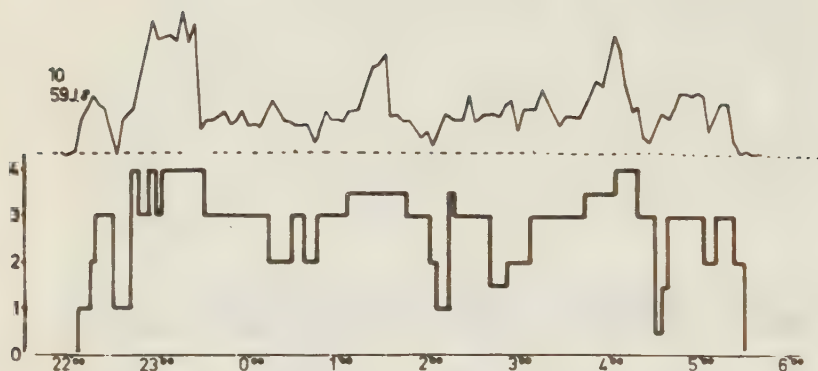


Abb. 3

Vergleich einer intervallanalytisch gewonnenen Schlafstiefenkurve (normale Versuchsperson 10) mit einem Diagramm, das nach den von Herrn Dr. WOLFF, Düsseldorf, anhand unserer EEG - Kontrollstreifen ermittelten Schlafstiefenwerten gezeichnet wurde (s. Text). Die durch visuelle Auswertung gewonnene Kurve ist dicker gezeichnet.

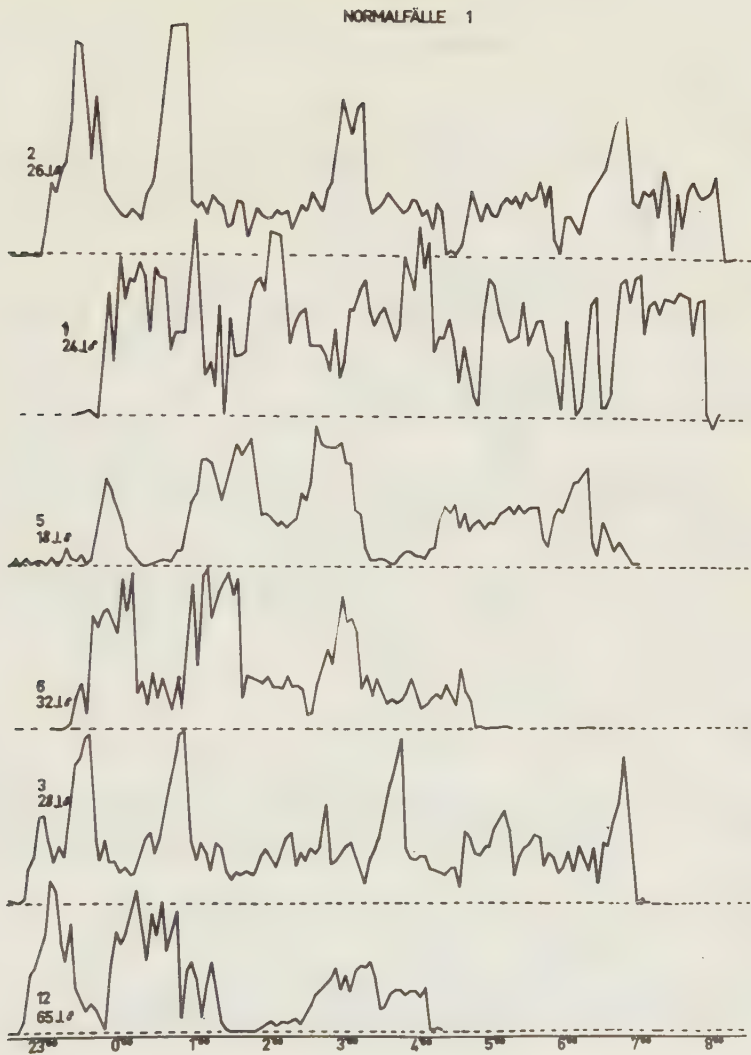


Abb. 4
Schlaptiefenkurven der Normalen.

NORMALFÄLLE 2

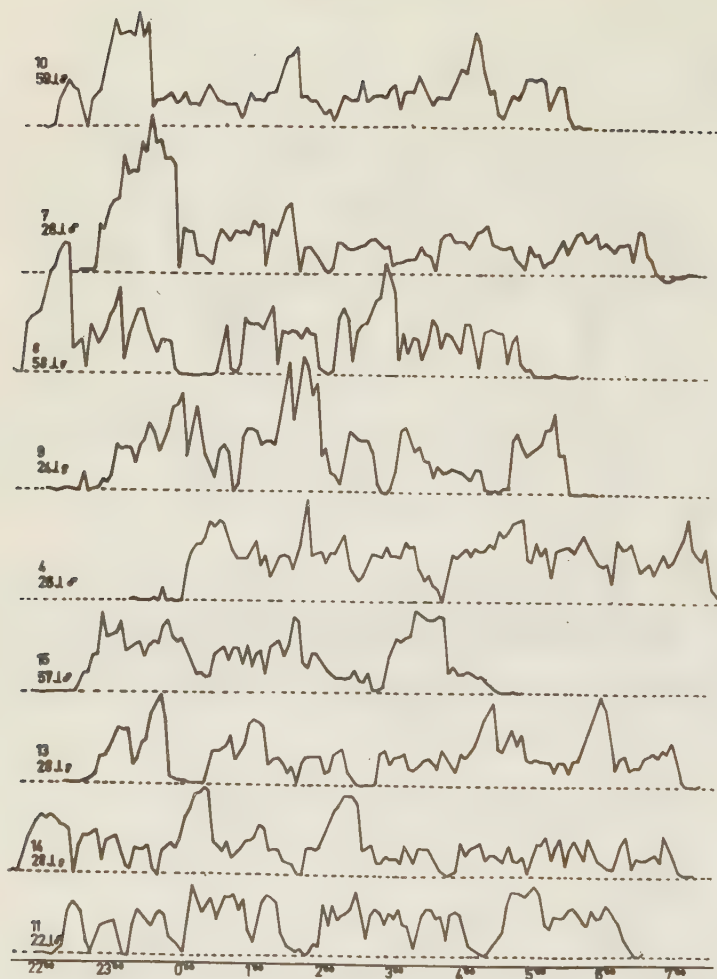


Abb. 5

Schlafstiefenkurven der Normalen.

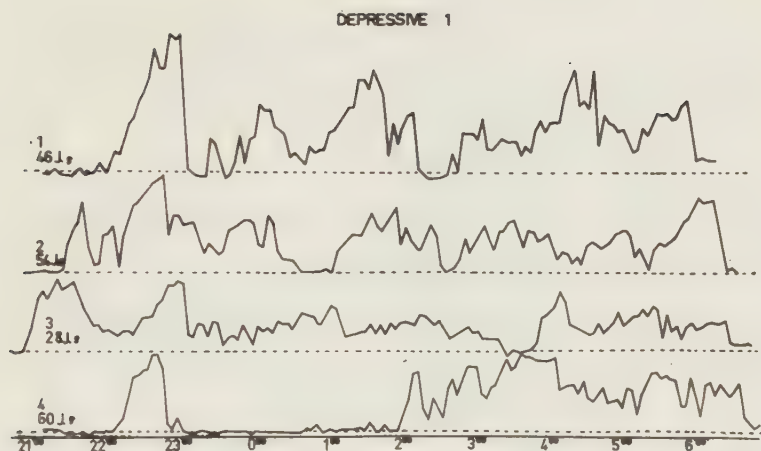


Abb. 6

Schlafstiefenkurven der vier depressiven Patienten, die in Bezug auf Schlafdauer, Schlafentiefe und Schlafmenge weitgehend den normalen Versuchspersonen entsprachen.

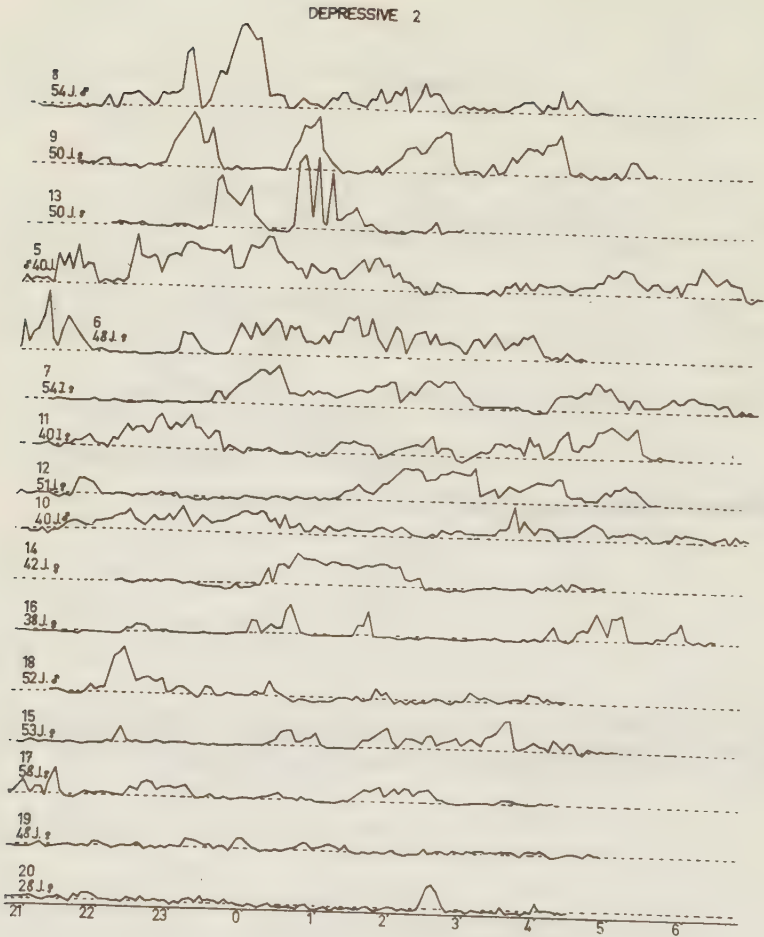


Abb. 7

Schlafstiefenkurven derjenigen Patienten, die sich in Bezug auf Schlafdauer, Schlafentiefe und Schlafmenge deutlich von den normalen Versuchspersonen unterschieden.

VIII L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. Bass, E. u.
Herr, K.: Untersuchungen über die Erregbarkeit des Atemzentrums im Schlaf. Zs. für Biol. 75, 279 (1922)
2. Blake, H. u.
Gerard, R.W.: Brain Potentials During Sleep. Amer. J. of Psychol. 119, 692-703 (1937)
3. Blake, H.,
Gerard, R.W. u.
Kleitman, N.: Factors Influencing Brain Potentials During Sleep.
4. Böttcher, H.M.: Ein Drittel jedes Lebens... Eine kleine Kulturgeschichte des Schlafes. Kap.: Schlaf -- ein biologisches Problem. Med.-wissensch. Abt. Chemie-Grünenthal GmbH, Stolberg 1959
5. Brazier, M.A.B.: The Electrical Fields at the Surface of the Head During Sleep. EEG and Clin. Neurophysiol. 1, 195-204 (1949)
6. Brazier, M.A.B. u.
Beecher, H.K.: Alpha Content of the EEG in Relation to Movements Made in Sleep and Effect of a Sedative on this Type of Motility. J. of Appl. Physiol. 4, 819-826 (1952)
7. Brooks, Mc C.,
Hoffmann, B.F.,
Suckling, E.E.: Sleep and Variations in Certain Functional Activities Accompanying Cyclic Changes in Depth of Sleep. J. of Appl. Physiol. 2, 97-104 (1956)
8. Burch, N.R.: Automatic Analysis of the EEG. A Review and Classification of Systems. EEG and Clin. Neurophysiol. 4, 11 (1959)
9. Burns, Ch.: Sleep - Physiology, Pathology, and Groups of Therapeutic Agents. New Zeal. Med. J. 58, 548-595 (1959)
10. Christian, W.: Bioelektrische Charakteristik tagesperiodisch gebundener Verlaufsformen epileptischer Erkrankungen. Zs. f. Nervenhlk. 181, 413-444 (1960)
11. Czerny, A.: Beobachtungen über den Schlaf im Kindesalter unter physiologischen Verhältnissen. Jhrbch. Kinderhlk. 33, 1 (1892)
12. Davis, P.A.: Electroencephalograms of Manic-Depressive Patients. Amer. J. of Psychiat. 98, 430-433 (1942)

13. Dement, W., Kleitman, N.: Cyclic Variations in EEG During Sleep and their Relation to Eye Movement, Body Motility, and Dreaming. EEG and Clin. Neurophysiol. 9, 673-690 (1957)
14. Diaz-Guerrero, R., Gottlieb, J., Knott, J.: The Sleep of Patients with Manic-Depressive Psychosis - Depressive Type. An Electroencephalographic Study. Psychosom. Med. 8, 399-404 (1946)
15. Drohocky, Z.: L'électroencéphalogramme quantitative de l'homme au cours de l'installation du sommeil provoqué par le nembutal. Rev. Neurol. 96, 475-489 (1957)
16. Economo, v.G.: Die Enzephalitis lethargica. Med. Wschr. 1923, 185
17. Economo: Der Schlaf und schlafähnliche Zustände. Hbch. norm. u. path. Physiol. 17, 591 (1926) Berlin
18. Endres, G., Frey, v.W.: Über Schlaftiefe und Schlafmenge. Zs. f. Biol. 90, 70-80 (1930)
19. Feudel, P.: Physiologie und Pathologie des Schlafes. Arch. f. physikal. Therapie 9, 1-9 (1957)
20. Gerber, W.: Über den Schlaf des Menschen und einen in der Praxis verwendbaren Schlafkontrollapparat. Münch. med. Wschr. 1922, 1399
21. Gerber: Kann man den Schlaf objektiv beobachten? Selbsttätige, unbeeinflusste Kranken- und Schlafbeobachtung. Med. Wschr. 79II, 1785-1787 (1954)
22. Haas, A.: Über Schlaftiefenmessungen. Psychol. Arb. (Kraepelin) 8, 228-264 (1925)
23. Henry, Ch.E.: Electroencephalographic Individual Differences and their Constancy During Sleep. J. of Exper. Psychol. 29, 117-132 (1941)
24. Hess, W.R.: Hirnreizversuche über den Mechanismus des Schlafes. Arch. f. Psychiat. 86, 187 (1928)
25. Hess: Lokalisatorische Ergebnisse der Hirnreizversuche mit Schlaffekt. Arch. f. Psychiat. 88, 813 (1929)
26. Hess: Das Schlafsyndrom als Folge diencephaler Reizung. Helv. physiol. pharmacol. Acta 2, 305 (1944)
27. Hoffmann, B.F., Brooks, Mc C., Suckling, E.E.: Quantitative Evaluation of Sleep. J. of Appl. Physiol. 8, 361-368 (1956)

28. Jouvett, M.: The Nature of Sleep.
London 1961
29. Jung, R.: Zur Klinik und Pathogenese der Depression.
Zbl. ges. Neurol. u. Psychiat.
119, 163 (1952)
30. Kleitman, N.: Sleep and Wakefulness.
Univers. Chicago Press 1939, Chicago
31. Kleitman: Sleep, Wakefulness, and Consciousness.
Psychol. Bull. 54, 354-360 (1957)
32. Kleitman: The Sleep Cycle.
Amer. J. Nurs. 60, 677-679 (1960)
33. Knott, J.R.,
Henry, Ch.E.,
Hadley, J.M.: Brain Potentials During Sleep: A Compa-
rative Study of the Dominant and Non-
dominant Alpha Groups.
J. of Exper. Psychol. 24, 157-168 (1939)
34. Kohlschütter, E.: Messungen der Festigkeit des Schlafes.
Zs. rat. Med. III.R. 17, 209-253 (1863)
35. Laird, D.A.: Types of Sleepers: Normal and Abnormal.
Med. Rec. 142, 13-15 (1935)
36. Landis, C.: Electrical Phenomena of the Body During
Sleep.
Amer. J. of Physiol. 81, 6 (1927)
37. Lester, D.: Continous Measurement of the Depth of
Sleep.
Science 127, 1340-1341 (1958)
38. Loomis, A.L.,
Harvey, E.N.,
Hobart, G.A.: Cerebral States During Sleep, As Studied
by Human Brain Potentials.
J. of Exper. Psychol. 21, 127-144 (1937)
39. Luchmann, A.: Die Schlafstörungen und eine kritische
Betrachtung ihrer Behandlung.
Münch.med.Wschr. 97II, 1319-1322 (1955)
40. Lyketsos, G.,
Belinson, L.,
Gibbs, F.A.: Electroencephalograms of Non-Epileptic
Psychotic Patients Awake and Asleep.
AMA Arch. of Neurol. and Psychiat.
69, 707-712 (1953)
41. Marbach, G.,
Schaff, G.: Recherche d'une méthode d'évaluation
de la quantité de sommeil. II. Variations
horaires de différentes expressions
quantitatives de la motilité spontanée
au cours du sommeil.
Compt. Rend. Soc. Biol.
154II, 408-412 (1960)
42. Michelson, E.: Untersuchungen über die Tiefe des
Schlafes.
Psychol. Arb. (Kraepelin) 2, 84-117 (1897)
43. Mönninghoff, O.,
Piesbergen, F.: Messungen über die Tiefe des Schlafes.
Zs. f. Biol. 19, 114-128 (1883)
44. Moruzzi, G.: EEG and Clin. Neurophysiol. 1, 455 (1949)

45. Mullin, F.J., Kleitman, Cooperman, N.R.: Studies on the Physiology of Sleep Changes in Irritability to Auditory Stimuli During Sleep. J. of Exper. Psychol. 21, 88-96 (1937)
46. Müller, L.R.: Über die nervösen Vorgänge, die sich während des Schlafes abspielen. Münch.med.Wschr. 98II, 393-395 (1956)
47. Ploog, D.: Physiologie und Pathologie des Schlafes. Fortschr. Neurol. 21, 16-56 (1953)
48. Ploog: Über den Schlaf und seine Beziehungen zu endogenen Psychosen. Münch.med.Wschr. 95II, 897-900 (1953)
49. Probst, J.Y.: Aktographie als klinische Untersuchungsmethode des Schlafes. Arch. f. Physikal. Ther. 9, 25-27 (1957)
50. Regelsberger, H.: Eine Methode der Schlafstiefenmessung am Menschen. Hdbch. biol. Arb.-Meth. Abderhalden 789-830
51. Regelsberger: Veränderungen des elektrischen Gleichstromwiderstandes im Schlaf. Zs. f. Neurol. 147, 66 (1942)
52. Richter, C.P.: The Significance in the Electric Resistance in the Body During Sleep. Proc. of Nat. Acad. of Sciences Vol. 12, 3 (1926)
53. Schiele, B.C.: A Clinical Study of Sleep Disturbances. Amer. J. of Psychiat. 98, 119-127 (1942)
54. Schneider, M.: Physiologie des Schlafes. Med. Wschr. 76, 1033 (1951)
55. Schneider, M.: Neuere Untersuchungen zur Physiologie des Schlafes. Med. Klin. 54, 933-937 (1959)
56. Schulte, W.: Der Schlaf der Epileptiker, Schizophrenen und Manisch-Depressiven. Med. Wschr. 80II, 1872-1875 (1955)
57. Schulte, W.: Der Schlafentzug und seine Folgen. Med. Klin. 54, 969-973 (1959)
58. Tönnies, J.F.: Die physikalischen Grundlagen des EEG. III. Die Kurvenanalyse des EEG. 7. Kongr. d. dtsh. EEG-Ges., Bad Nauheim. 1958 Springer-Verlag 1961
59. Winzenried, F.J.M.: Über Schlafstörungen. Med. Klin. 24, 1046-1049 (1961)
60. Winterstein, H.: Schlaf und Traum. Verständl. Wissensch. Springer-Verl. 1953
61. Wöhlisch, E.: Zur Definition des Begriffes d. Schlafstiefe. Zs. f. Biol. 103, 81 (1949)
62. Wöhlisch, E.: Der Schlafstiefenverlauf u. sein Erholungsäquivalent. II. Mitteilung Schlafstiefe und Erweckbarkeit. Klin. Wschr. 35, 705 - 714 (1957)

63. Wöhlisch,
Reichert, K.: Zur Methode der Schlaf-tiefenmessung.
Klin. Wschr. 35, 195-196 (1957)
64. Zickgraf, H.: Untersuchungen über die Zusammenhänge
zwischen Schlafbewegung und Tiefe des
normalen Schlafes.
Zs. f. klin. Med. 152, 96 (1953)
65. Zutt, J.: Was lernen wir aus den Bewußtseins-
störungen über das Bewußtsein.
Nervenarzt 33, 483-489 (1962)

An dieser Stelle sei es mir erlaubt, mich noch einmal bei Herrn Prof. Dr. J. Z U T T für die Anregung zu dieser Arbeit herzlichst zu bedanken. Herrn Dr. W. van R E Y möchte ich für die Unterstützung, die er mir gewährte, meinen innigsten Dank aussprechen. Ferner sei ein Wort des Dankes all denen gesagt, die mit ihrer Hilfe zum Gelingen meiner Arbeit beitrugen.

L e b e n s l a u f

Am 26. Juni 1938 wurde ich als Sohn des Volkswirtes Dr. Karl Rickels und seiner Ehefrau Stephanie, geb. Röhrhoff, in Berlin - Lichtenberg geboren. Bis zu meinem 13. Lebensjahr bin ich in Berlin aufgewachsen. Anschliessend zogen wir nach Krefeld. Am 9.3.1957 bestand ich am dortigen Realgymnasium die Reifeprüfung.

Im Sommersemester 1957 begann ich mein Medizinstudium an der Universität Köln. Am 9.3.1960 bestand ich das Physikum in Münster i.W.. Im Sommer 1960 hatte ich Gelegenheit, fünf Monate lang in der psychiatrischen Abteilung der Klinik der Universität von Pennsylvanien in Philadelphia zu famulieren. Nach meiner Rückkehr setzte ich mein Studium an der Universität Frankfurt fort, wo ich am 18.7.1963 das Staatsexamen bestand. Seit dem 1.9.1963 bin ich als Medizinalassistent im Kreis-krankenhaus Stolzenau / Weser tätig.

Stolzenau, den 20.März 1964

Lohar Rickels

Verzeichnis meiner akademischen Lehrer

Vorklinische Semester

Universität Köln:

Prof. Dr. Alder
Prof. Dr. Kirchner
Prof. Dr. Kuhn
Priv.Do. Dr. Linskens
Prof. Dr. Spanner
Prof. Dr. Straub

Universität Frankfurt:

Prof. Dr. Czerny
Prof. Dr. Starck
Prof. Dr. Wieland

Universität Münster:

Prof. Dr. Becher
Priv.Do. Dr. Brettschneider
Prof. Dr. Caspers
Priv.Do. Dr. Eichner
Prof. Dr. Kappler
Prof. Dr. Klemm
Priv.Do. Dr. Knoche
Prof. Dr. Lehnartz
Prof. Dr. Michel
Prof. Dr. Pauleikoff
Prof. Dr. Schütz

Klinische Semester

Universität Münster:

Prof. Dr. Baader
Priv.Do. Dr. Brettschneider
Prof. Dr. Giese
Prof. Dr. Hillenbrand
Priv.Do. Dr. Klosterkötter
Prof. Dr. Loeser
Prof. Dr. Ponsold
Prof. Dr. Reploh
Prof. Dr. Sachs
Prof. Dr. Schmidt
Prof. Dr. Schulze

Universität Frankfurt:

Prof. Dr. Amelung
Prof. Dr. Artelt
Prof. Dr. Betke
Priv.Do. Dr. Brehm
Prof. Dr. Fischer
Prof. Dr. Frey
Prof. Dr. Frowein
Prof. Dr. Geißendörfer
Prof. Dr. Güntz
Prof. Dr. Heintz
Prof. Dr. Heller
Prof. Dr. Heinecker
Prof. Dr. Herrmann
Prof. Dr. Herzberg
Prof. Dr. Hoff
Prof. Dr. Holtz
Prof. Dr. Käser
Prof. Dr. Kahlau
Prof. Dr. Landes
Prof. Dr. Lapp
Prof. Dr. Lieb
Prof. Dr. Mittermaier
Prof. Dr. v.Reckow
Prof. Dr. Rossberg
Prof. Dr. Rotter
Prof. Dr. de Rudder

Prof. Dr. Schwenzer
Prof. Dr. Thiel
Prof. Dr. Ungeheuer
Prof. Dr. Weber
Prof. Dr. Westermann
Prof. Dr. Zimmermann
Prof. Dr. Zutt

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die der Medizinischen Fakultät Frankfurt/M. zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel

"Elektroenzephalographische Untersuchungen des Schlafes bei depressiven Patienten und normalen Vergleichspersonen mit Hilfe der Intervallanalyse"

in der Universitäts-Nervenlinik Frankfurt/M.

unter Leitung von Herrn Prof. Dr. med. J. Zutt

mit Unterstützung durch Herrn Dr. med. W. van Rey

ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in. und ausländischen Medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Frankfurt/M., den 29. April 1964

Lohke Riechers

